

(続紙 1)

京都大学	博士（エネルギー科学）	氏名	Mohd Radzi Abu Mansor
論文題目	Study on Combustion Process of Hydrogen-Jet in Argon-Circulated Hydrogen Engine Conditions（アルゴン循環型水素エンジン条件における水素噴流の燃焼過程に関する研究）		
(論文内容の要旨)			
本論文は、水素を燃料として極めて高い効率での動力変換を達成できるアルゴン循環型直接噴射式水素エンジンの設計・制御に有用な基礎データを得ることを目的とし、エンジンの圧縮終わりを模擬する高温高压条件下における水素噴流の発達、着火・燃焼過程および局所熱流束について、定容燃焼装置を用いて実験的に調査した結果をまとめたもので、6章からなっている。 第1章の緒論では、環境・エネルギー問題の解決に資する水素エネルギーシステムの重要性を述べるとともに、これまで行われてきた水素エンジンについての知見をまとめ、アルゴン循環型直接噴射式水素エンジンにおける新しい燃焼コンセプトの提案とその実現の可能性について検討し、本研究の必要性・目的と取り組むべき内容を提示している。 第2章では、本研究で用いた定容燃焼装置の構成および特徴を示すとともに、本研究における実験の方法と対象とした実験条件について示している。実験では、定容容器内で水素・酸素・アルゴンからなる希薄予混合気を燃焼させて高温高压雰囲気を発生させ、所定の温度・圧力となった時に燃料を一定期間噴射し、その後の着火・燃焼特性を燃焼室内圧力経過ならびにシャドウグラフ像の高速度撮影観察により調べる。これにより、アルゴン循環型直接噴射式水素エンジンの燃焼室内における温度・圧力・酸素濃度の雰囲気を模擬し、とくに温度および酸素濃度を広い範囲にわたって設定・変更できる。さらに、ガス噴流の着火遅れの考え方および燃焼解析の方法について検討している。 第3章では、水素噴射条件の指針を得る目的で、アルゴンを充填した定容容器内での水素噴流の発達経過をシャドウグラフ画像の高速度撮影により調べている。その結果、密度の高いアルゴン中への噴射では窒素雰囲気中に比べて噴流の発達は遅くなること、噴射圧力が高くノズル噴孔径が大きいほど噴流の発達は早く、拡がり角も増大すること、雰囲気圧力が高い方が噴流の発達が遅れ拡がり角は小さくなること、などを明らかにするとともに、運動量理論に基づいて噴流の発達経過を記述する式を示している。 第4章では、高温高压のアルゴン－酸素雰囲気中における水素噴流の自着火燃焼特性を定容燃焼装置を用いて調査し、雰囲気条件や噴射条件が着火遅れおよび熱発生率経過に与える影響を調べている。その結果、熱発生率経過に関しては空気雰囲気中とほとんど差はないものの、空気に比べて比熱比の大きいアルゴン－酸素雰囲気中では燃焼に伴って温度が大きく上昇し、それにより動粘度が増大するため拡散的燃焼の			

進行が遅れること、着火遅れの温度依存性が空気雰囲気中と異なっており、約 950 K より高い温度では着火遅れはアルゴン - 酸素雰囲気の方が短いのに対し、それより低い温度では逆に長くなること、噴射圧力の増大にしたがって熱発生率は高くなることなど、特徴的な燃焼特性を明らかにしている。

第 5 章では、アルゴン循環型水素エンジンでの燃焼温度が高くなることから冷却熱損失の増大が懸念されることに鑑み、燃焼過程において燃焼室壁面の局所熱流束計測を試み、シャドウグラフ法で可視化した燃焼領域の拡大と比較することにより、燃焼過程と熱流束との関係について考察している。その結果、熱流束は火炎が到達した時点で急増し、その増加は着火遅れが短いと緩やかになること、壁面近傍での着火ではその位置の熱流束が増加するとともにその後の燃焼により高い値が保たれること、噴射後に着火する条件では予混合気が一気に燃焼して壁面全体に高い熱流束となり、大きな熱損失を生じる可能性があることなど、冷却熱損失低減の指針となる知見を得ている。

第 6 章の結論では、本研究で得られた成果を要約し、アルゴン-酸素雰囲気中における水素噴流の発達過程と着火・燃焼に関わる基本特性を定容燃焼装置により基礎的に調査した結果をまとめて示している。とくに、噴射および雰囲気条件の影響を広い範囲にわたって明らかにし、アルゴン循環型水素エンジンの設計・運転条件の指針を提示したことの意義および今後の展開についてまとめている。

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、水素の高効率動力変換を可能とするアルゴン循環型直接噴射式水素エンジンの設計・制御に有用な基礎データを得るため、定容燃焼装置を用いて高温高圧条件下における水素噴流の発達、着火・燃焼過程および局所熱流束を調査したもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1) 水素噴射条件の指針を得る目的で、アルゴンを充填した定容容器内での水素噴流の発達経過をシャドウグラフ画像の高速撮影により調べた。その結果、窒素に比べて密度の高いアルゴン雰囲気中での噴流発達の特徴と、噴射圧力、ノズル噴孔径、雰囲気圧力、等が噴流到達距離および拡がり角に及ぼす影響を明らかにするとともに、運動量理論に基づいて噴流の発達経過を記述する式を示した。

2) 高温高圧のアルゴン-酸素雰囲気中における水素噴流の自着火燃焼特性を定容燃焼装置を用いて調査し、雰囲気条件や噴射条件が着火遅れおよび熱発生率経過に与える影響を調べた。その結果、熱発生率経過に関しては空気雰囲気中とほとんど差はないものの、空気に比べて比熱比の大きいアルゴン-酸素雰囲気中では燃焼に伴って温度が大きく上昇し、それにより動粘度が増大するため拡散的燃焼の進行が遅れること、着火遅れの温度依存性が空気雰囲気中と異なっており、約 950 K より高い温度での着火遅れはアルゴン-酸素雰囲気の方が短いのに対し、それより低い温度では逆に長くなること、噴射圧力の増大にしたがって熱発生率は高くなることなど、特徴的な燃焼特性を明らかにした。

3) アルゴン循環型水素エンジンでは燃焼温度が高いことから、熱損失の増大が懸念される。そこで、燃焼室壁面の局所熱流束計測を試み、シャドウグラフ法で可視化した燃焼領域の拡がりと比較することにより、燃焼過程と熱流束との関係について考察した。その結果、熱流束は火炎が到達した時点で急増し、その増加は着火遅れが短いと緩やかになること、壁面近傍での着火ではその位置の熱流束が増加するとともにその後の燃焼により高い値が保たれること、噴射後に着火する条件では予混合気が一気に燃焼して壁面全体に高い熱流束となり、大きな熱損失を生じる可能性があることなど、冷却熱損失低減の指針となる知見を得た。

以上、本研究はアルゴン-酸素雰囲気中での水素噴流の着火・燃焼過程を定容燃焼装置を用いて調査・解明しており、その成果は将来のエンジン熱効率の向上に大きく貢献するもので、得られた知見は学術上、實際上、寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(エネルギー科学)の学位論文として価値あるものと認める。
また、平成25年2月27日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降